



Perde konumunun ve zemin sınıfının betonarme yapılardaki hasar oranına etkisi

Erkut Sayın*, Burak Yön, Yusuf Calavır

Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Elazığ, TURKEY

Anahtar Kelimeler

Perde konumunun değişimi
Zemin sınıfı
Sismik değerlendirme
Doğrusal elastik hesap yöntemi

ÖZET

Bu çalışmada zemin sınıfına bağlı olarak perde konumlarındaki değişimin betonarme yapılarda oluşturduğu hasara etkisi incelenmiştir. Bu amaçla, perde konumları farklı olan üç adet yedi katlı düzenli betonarme yapı tasarlanmıştır. Bu yapıların yönetmeliğimizdeki dört adet zemin sınıfına göre deprem analizleri yapılmıştır. Analizlerden elde edilen sonuçlar, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (DBYYHY-2007) 'de belirtilen doğrusal elastik hesap yöntemine göre değerlendirilmiştir. Değerlendirmede, yapıların zemin katında seçilen kolon ve kirişler için perde konumu ve zemin sınıfına bağlı olarak etki/kapasite oranları kullanılmıştır. Perde konumu ve zemin sınıfı değiştikçe seçilen elemanların etki/kapasite oranlarında önemli farklılıklar gözlenmiştir. Çözümlerde SAP2000 yapı analiz programı kullanılmıştır.

Effect to damage ratio at reinforced concrete structure of shear wall location and local site class

Keywords

Variation of shear wall location
Local site class
Seismic rehabilitation
Linear elastic method

ABSTRACT

In this study, the effect of the variation of shear wall locations to the damage of reinforced concrete buildings is investigated depending on the local site class. For this purpose, three regular reinforced concrete buildings with seven stories which have different shear wall positions are designed. Earthquake analyses of these buildings are performed using mode superposition method for four local site classes in the 2007 Turkish Earthquake Code for Buildings. Results obtained from the analyses are evaluated using the linear elastic method specified at the same code. In the evaluation, the demand/capacity ratios, calculated depending on shear wall locations and local site classes, are used for the selected columns and beams at ground floors of the buildings. Significant differences are determined at the demand/capacity ratios of the selected members as shear wall positions and local site class change. SAP2000 structural analysis program are used at solutions

* Sorumlu yazar (Corresponding author) e-posta: esayin@firat.edu.tr

1. GİRİŞ

DBYBHY-2007 [1] de, betonarme binaların değerlendirilmesi için hem doğrusal hem de doğrusal olmayan iki yöntem tanımlanmaktadır. Bu yöntemlerden doğrusal olanı, yeni binaların tasarımında kullanılan yöntemin genişletilmiş bir hali olarak kabul edilebilir. Yeni binalarda tüm taşıyıcı sistem için öngörülen tek bir R_a Deprem Yükü Azaltma Katsayısı, mevcut binada taşıyıcı eleman kesiti esasına bağlı olarak r =etki/kapasite biçiminde hesaplanarak belirlenen sınır değerler ile karşılaştırılmaktadır. Bunun en önemli sebebi, mevcut taşıyıcı sistem elemanlarının sahip olduğu süneklik düzeyi farklılıklarıdır [2].

Elastik ötesi davranışı temsil eden r katsayısı, yapı elemanına etki eden deprem etkisinin, yapı elemanının sahip olduğu kapasiteye oranını ifade etmektedir. Doğrusal yöntemde taşıyıcı sistem davranışı doğrusal kabul edilerek çözüm elde edilmesine rağmen, eleman bazında r katsayısının kullanılmasıyla sistemin elastik ötesi davranışı da göz önüne alınmış olmaktadır[3]. Bu değerlendirme yönteminde çözüm işlemi daha kolay olup, doğrusal işlem yapan bilgisayar programlarından faydalanmak mümkündür[4].

Yapı elemanlarının hasar sınırlarının belirlenmesi için kiriş, kolon ve perde elemanların kritik kesitlerini etki/kapasite oranları (r) cinsinden ifade eden sayısal değerler kullanılmaktadır. Yönetmelikte r katsayısının sınır değerleri, taşıyıcı yapı elemanlarındaki normal kuvvet ve kesme kuvvet değerleri ile kesitte sargılama olup olmamasına ve binada kabul edilebilecek hasar seviyelerine bağlı olarak verilmiştir[2]. Doğrusal elastik hesap yöntemi üç temel adımdan oluşmaktadır [5]. İlk olarak ilgili yapının doğrusal elastik analizi yapılır. Hesap için eşdeğer deprem yükü yöntemi veya mod birleştirme yöntemi kullanılabilir. Eşdeğer deprem yükü yöntemi 8 katlı ve yüksekliği 25 m'yi geçmeyen, burulma düzensizliği olmayan yapılara uygulanırken, modal analiz yöntemi ise herhangi bir kısıtlama yapılmadan tüm binalar için geçerlidir [1]. İkinci adımda, yapısal elemanların beton dayanımı ve donatı miktarına göre kapasitesi bulunur. Son olarak da, yapı elemanlarının ve tüm yapının performans değerlendirmesi yapılır.

Yapılacak yapılar doğrudan zemine oturacağından zemin ile ilgili çalışmalar büyük önem arz etmektedir. Bu amaçla seçilen düzenli yapılardaki, zemin sınıfı değişiminin ve farklı perde konumunun taşıyıcı eleman hasarlarına etkisi irdelenmiştir.

2. SAYISAL UYGULAMA

Bu çalışmada, planda ve düşeyde düzenli çok katlı betonarme yapıların perde konumlarındaki değişimin farklı zemin sınıflarına göre yapılarda meydana getirdiği hasarlar doğrusal elastik hesap yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Eleman iç kuvvetlerinin bulunmasında SAP 2000 yapı analiz programı [6] kullanılmıştır.

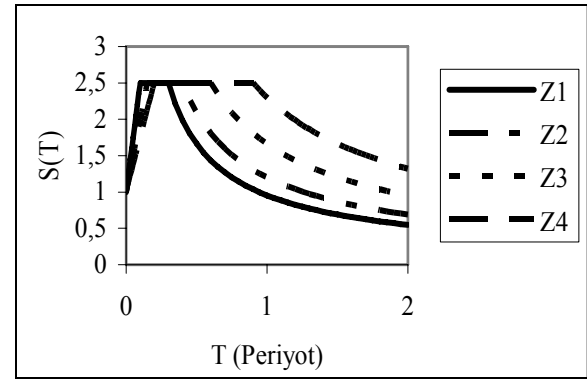
Yapıların zemin sınıflarına göre analizleri yapılırken tasarım tepki spektrumundan faydalanılmaktadır. Spektrum Katsayısı $S(T)$, yerel zemin koşullarına (Tablo 1) ve bina doğal periyodu T 'ye bağlı olarak,

$$\begin{aligned} S(T) &= 1 + 1.5 T / T_A & (0 \leq T \leq T_A) \\ S(T) &= 2.5 & (T_A < T \leq T_B) \\ S(T) &= 2.5 (T_B / T)^{0.8} & (T > T_B) \end{aligned} \quad (2.1)$$

denklemleri ile elde edilir. Tasarım spektrum eğrisinin zemin sınıflarına göre değişimi Şekil 1 de verilmektedir.

Tablo 1. Spektrum karakteristik periyotları

Zemin Sınıfları	T_A (s)	T_B (s)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

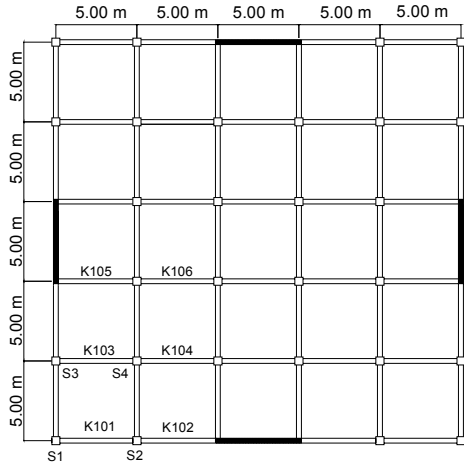


Şekil 1. Tasarım spektrum eğrisinin zemin sınıflarına göre değişimi

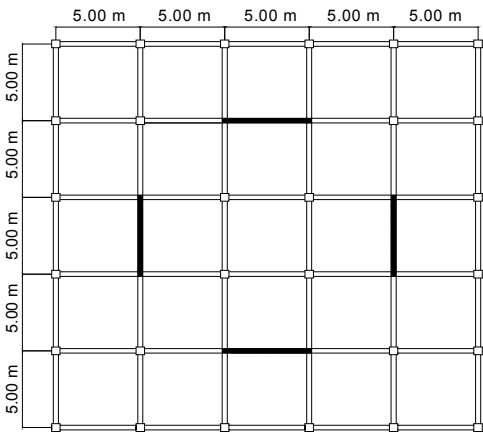
Sayısal uygulama için planda farklı konumlarda simetrik yerleştirilmiş betonarme perdeler bulunan 7 katlı 3 adet düzenli konut türü bina modeli seçilmiştir (Şekil 2-4). Süneklik düzeyi normal olarak kabul edilen

binanın modelleri x ve y yönünde simetrik olup, her iki yönde beş açıklıklıdır.

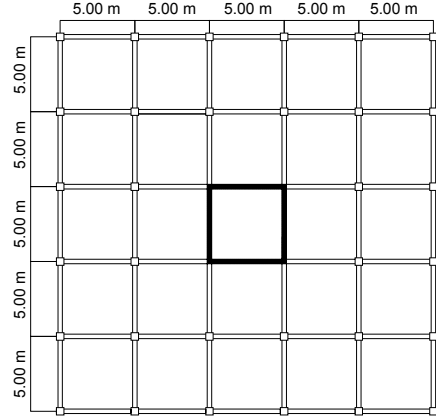
Tüm sistemlerde açıklıklar 5 m ve kat yükseklikleri 3 m uzunluğunda alınmıştır. Kolon boyutları 50/50 cm, kiriş boyutları 30/60 cm, perde boyutları 30/500 cm ve döşeme kalınlığı 12 cm olarak seçilmiştir. Malzeme olarak C20 betonu ve S420 yapı çeliği kullanılmıştır. Tasarlanan yapıların 4 adet zemin sınıfına göre doğrusal elastik analizleri yapılarak zemin katta seçilen S1-S4 kolonları ve K101-K106 kirişleri için elastik yöntem ile hasar değerlendirmesi yapılmıştır. Değerlendirmede kullanılan kolonlarda 12Ø16 boyuna donatı, kirişlerin mesnet bölgelerinde üstte 6Ø14, altta 4Ø14'lük donatı olduğu varsayılmıştır. Enine donatı seçilen elemanlarda Ø8/200-100 olarak kullanılmıştır (Şekil 5). Yapılar için Can Güvenliği performans seviyesi seçilmiştir (Tablo 2). Sünek kirişler için etki/kapasite sınırı değeri '5' (Tablo 3), sünek kolonlar için etki/kapasite sınırı ise '4' (Tablo 4) olarak belirlenmiştir.



Şekil 2. Model 1 binası

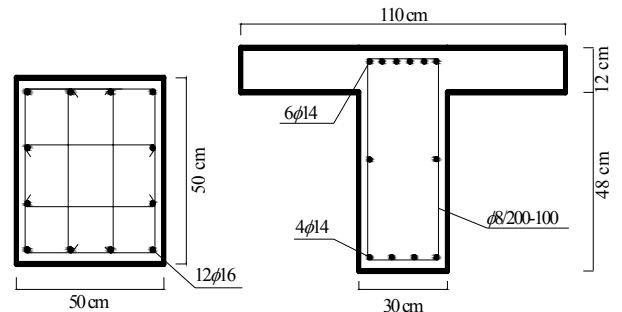


Şekil 3. Model 2 binası



Şekil 4. Model 3 binası

Betonarme elemanlar kırılma türlerine göre sınıflandırılırlar. Buna göre kırılma türü eğilme ise söz konusu eleman sünek, kesme ise gevrek olarak adlandırılır. Doğrusal değerlendirme yöntemi sünek elemanlarda uygulanır. Kırılma türü eğilme olan sünek kiriş, kolon ve perde kesitlerinin eğilme etki/kapasite oranları bulunurken, zorlanan kesitlerin deprem yükleri altındaki eğilme momentleri ve normal kuvvetleri bulunur. Ardından malzeme katsayıları ile azaltma yapmaksızın mevcut malzeme dayanımları kullanılarak kesitlerin eğilme momenti ve normal kuvvet kapasiteleri elde edilir. Kesit kapasite değerlerinden düşey yüklerin talep ettiği değerler çıkarılarak artık kapasiteler bulunur. Deprem etkisiyle kesitlerde oluşan eğilme momenti (ve normal kuvvet) değerleri, artık kapasite değerlerine bölünerek taşıyıcı sünek elemanlar için etki/kapasite oranları bulunur. Etki/kapasite oranlarının sınır değerleri Tablo 3 ve 4'de sünek kiriş ve kolon elemanlar için ayrı ayrı verilmektedir [1,7].



Şekil 5. Yapı modellerinde kullanılan kolon ve kirişlerin boyut ve donatı düzenleri

Tablo 2. Farklı Deprem Düzeylerinde Binalar İçin Öngörülen Minimum Performans Hedefleri

Binanın Kullanım Amacı ve Türü	Deprem Aşılma Olasılığı		
	50 yılda	50 yılda	50 yılda
	%	%	%
	50	10	2
Deprem Sonrası Kullanımı Gereken Binalar: Hastaneler, sağlık tesisleri, itfaiye binaları, haberleşme ve enerji tesisleri, ulaşım istasyonları, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, afet yönetim merkezleri, vb.	-	HK	CG
İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Okullar, yatakhaneler, yurtlar, pansiyonlar, askeri kışlalar, cezaevleri, müzeler, vb.	-	HK	CG
İnsanların Kısa Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Sinema, tiyatro, konser salonları, kültür merkezleri, spor tesisleri	HK	CG	-
Tehlikeli Madde İçeren Binalar: Toksik, parlayıcı ve patlayıcı özellikleri olan maddelerin bulunduğu ve depolandığı binalar	-	HK	GÖ
Diğer Binalar: Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (konutlar, işyerleri, oteller, turistik tesisler, endüstri yapıları)	-	CG	-

Tablo 3. Betonarme Kirişler İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları (r_s)

$\frac{\rho - \rho'}{\rho_b}$	Sargılama a	$\frac{V_e}{b_w \cdot d \cdot f_{ctm}}$ (1)	Hasar Sınırı		
			M N	G V	G Ç
≤ 0.0	Var	≤ 0.65	3	7	10
≤ 0.0	Var	≥ 1.30	2.5	5	8
≥ 0.5	Var	≤ 0.65	3	5	7
≥ 0.5	Var	≥ 1.30	2.5	4	5
≤ 0.0	Yok	≤ 0.65	2.5	4	6
≤ 0.0	Yok	≥ 1.30	2	3	5
≥ 0.5	Yok	≤ 0.65	2	3	5
≥ 0.5	Yok	≥ 1.30	1.5	2.5	4

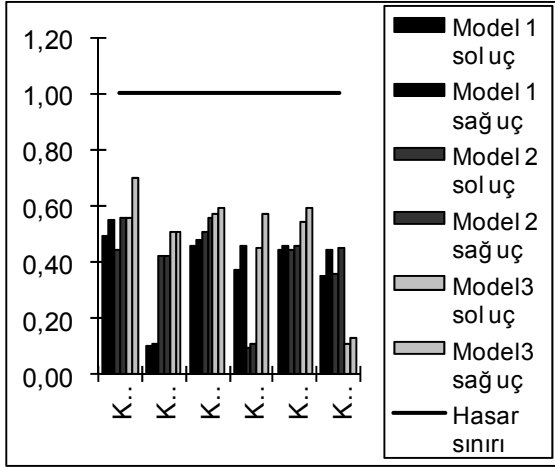
Tablo 4. Betonarme Kolonlar İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları (r_s)

$\frac{N_K}{A_c \cdot f_{cm}}$ (1)	Sargılama	$\frac{V_e}{b_w \cdot d \cdot f_{ctm}}$ (2)	Hasar Sınırı		
			MN	GV	GÇ
≤ 0.1	Var	≤ 0.65	3	6	8
≤ 0.1	Var	≥ 1.30	2.5	5	6
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Var	≤ 0.65	2	4	6
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Var	≥ 1.30	1.5	2.5	3.5
≤ 0.1	Yok	≤ 0.65	2	3.5	5
≤ 0.1	Yok	≥ 1.30	1.5	2.5	3.5
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Yok	≤ 0.65	1.5	2	3
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Yok	≥ 1.30	1	1.5	2
≥ 0.7	-	-	1	1	1

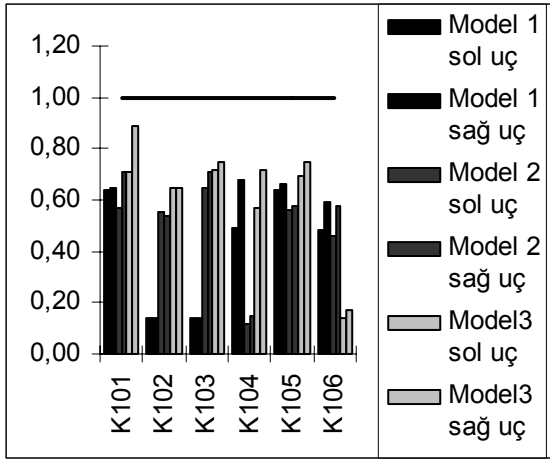
Yapı modellerinin deprem ve düşey yük etkisindeki doğrusal elastik analizleri ayrı ayrı yapılarak her bir zemin sınıfı için eleman iç kuvvetleri elde edilmiştir. Değerlendirmede kullanılan S1-S2-S3-S4 kolonları ile K101-K102-K103-K104-K105-K106 kirişlerinin, deprem ve düşey yük etkileri için ayrı ayrı hesaplanan iç kuvvet değerleri ile söz konusu elemanların taşıma kapasite değerlerinden yararlanılarak, her bir elemana ait etki/kapasite oranları bulunmuştur. Tüm yapı modelleri için zemin katta seçilen kiriş ve kolonların her bir zemin sınıfına göre hesaplanan etki/kapasite oranlarının sınır değerlere bölünmüş halleri Şekil 6-13 de verilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre Model 3 ile verilen yapıdaki K101-K03-K104 ve K105 kirişleri Z3 ve Z4 zeminlerinde hasar sınırını aşarken; Model 2 de verilen yapıda sadece K103 kirişi Z3 zemininde, K101 ve K103 kirişleri ise Z4 zemininde hasar sınırını aşmıştır. Model 1 de verilen yapı için Z3 zemininde seçilen kirişlerden hiçbiri hasar sınırını aşmazken, Z4 zemininde sadece K101 kirişi hasar sınırını aşmıştır. Kolonlarda ise, Model 3 ile verilen yapıda S2 kolonu Z3 zemininde, S2 ve S4 kolonları Z4 zemininde hasar sınırını aşmıştır. Model 2 ile verilen yapıda Z3 zemininde seçilen kolonlarda hasar oluşmazken, Z4 zemininde sadece S2 kolonunda hasar meydana gelmiştir. Model 1 deki yapıda ise, seçilen kolonların hiçbiri hasar sınırını aşmamıştır. Buna göre, yapıya simetrik olarak yerleştirilen dört betonarme perde yapının dış akslarından iç akslara doğru kaydırıldıkça ve zemin sınıfı da Z1 den Z4 e doğru değişim gösterdikçe, yapıların seçilen kiriş ve kolonlarında hasarların arttığı gözlenmiştir. Yapılardaki perdelerin yapının

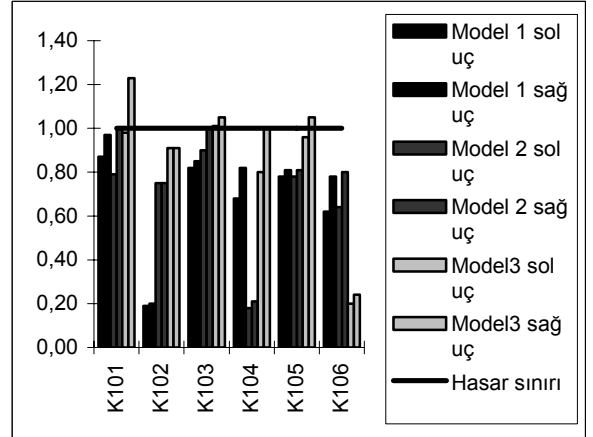
merkezinden mümkün olabildiğince uzak akslar üzerinde konumlandırılmaları, yapının burulma rijitliğini artırdığı ve buna bağlı olarak yapıda oluşabilecek hasarları azalttığı yapılan bu çözümlerden de görülmektedir.



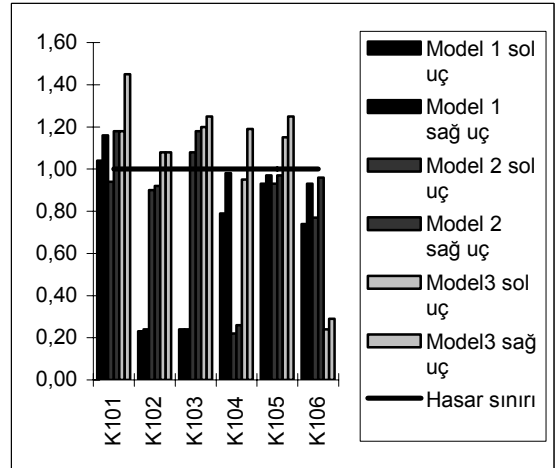
Şekil 6. Z1 zemin sınıfı için seçilen kirişlerin r/r_s oranları



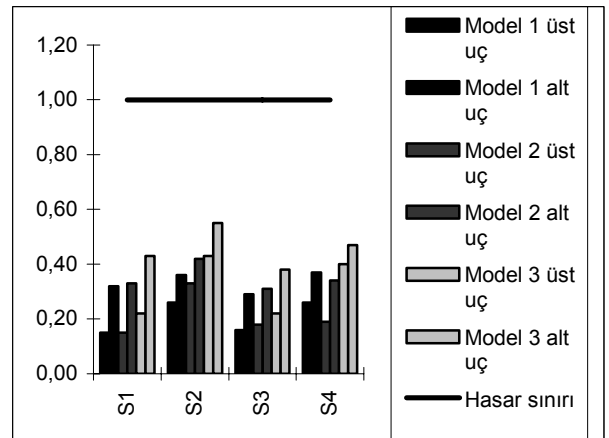
Şekil 7. Z2 zemin sınıfı için seçilen kirişlerin r/r_s oranları



Şekil 8. Z3 zemin sınıfı için seçilen kirişlerin r/r_s oranları



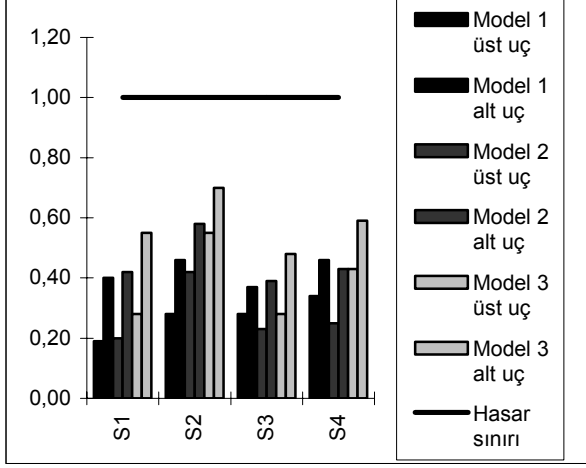
Şekil 9. Z4 zemin sınıfı için seçilen kirişlerin r/r_s oranları



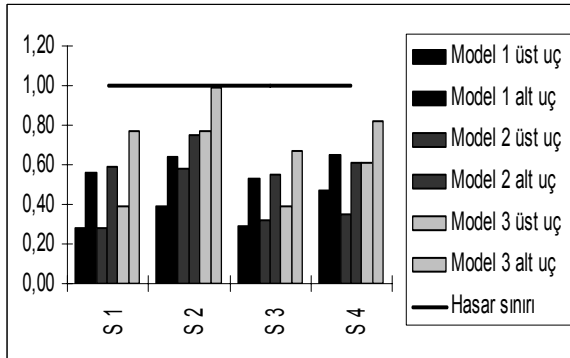
Şekil 10. Z1 zemin sınıfı için seçilen kolonların r/r_s oranları

3. SONUÇLAR

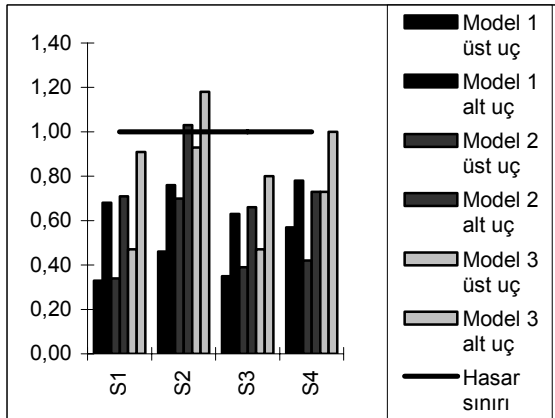
Bu çalışmada, planda ve düşeyde düzenli çok katlı betonarme yapıların perde konumlarındaki değişimin farklı zemin sınıflarına göre yapılarda meydana getirdiği hasarlar doğrusal elastik hesap yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Sayısal uygulama için planda farklı konumlarda simetrik yerleştirilmiş betonarme perdeler bulunan 7 katlı 3 adet düzenli konut türü bina modeli seçilmiştir. Bu modellerde perdelerin konumları dış akslardan iç akslara doğru kayacak şekilde değiştirilmiştir. Yapılan çözümler ve değerlendirmelere göre; yapıya simetrik olarak yerleştirilen dört betonarme perde yapının dış akslarından iç akslara doğru kaydırıldıkça ve zemin sınıfı da Z1 den Z4 e doğru değişim gösterdikçe, yapı elemanlarındaki iç kuvvetlerin ve hasarların arttığı gözlenmiştir. Yapılardaki perdelerin yapının merkezinden mümkün olabildiğince uzak akslar üzerinde konumlandırılmaları, yapının burulma rijitliğini artırdığı ve buna bağlı olarak yapı elemanlarında oluşabilecek hasarları azalttığı yapılan çözümlerden görülmüştür.



Şekil 11. Z2 zemin sınıfı için seçilen kolonların r/r_s oranları



Şekil 12. Z3 zemin sınıfı için seçilen kolonların r/r_s oranları



Şekil 13. Z4 zemin sınıfı için seçilen kolonların r/r_s oranları

KAYNAKLAR

1. DBYBHY-2007 "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik" Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 2007.
2. Uygun G, Celep Z. (2007) "Betonarme Bir Binanın Deprem Güvenliğinin Deprem Yönetmeliği (2007) deki Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Yöntemlerle Karşılaştırmalı İncelenmesi", Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 16-20 Ekim 2007, İstanbul.
3. Aydınöğlu N, Celep Z, Özer E, Sucuoğlu H. "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik - Örnekler Kitabı", Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 2007, Ankara.
4. Sezer F, Gençoğlu M, Celep Z. "Deprem Yönetmeliği (2007) Kuralları İle Betonarme Binaların Deprem Güvenliğinin Değerlendirilmesine Kıyaslamalı Bir Bakış" Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 16-20 Ekim 2007, İstanbul.
5. Şengöz A, Sucuoğlu H. "2007 Deprem Yönetmeliğinde Yer Alan Mevcut Binaların Değerlendirilmesi Yöntemlerinin Artıları ve Eksileri", İMO Teknik Dergi, 4609-4633, 2009.
6. CSI SAP 2000 V-9.0, Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures Basic Analysis Reference Manual, Computer and Structures Inc, California, 2004.
7. Celep Z, "Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme" ss: 227, 2008.